

PAT-NO: JP02002174584A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002174584 A

TITLE: PRODUCING METHOD FOR OPTICAL APERTURE

PUBN-DATE: June 21, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
OMI, MANABU	N/A
KASAMA, NOBUYUKI	N/A
KATO, KENJI	N/A
MAEDA, HIDETAKA	N/A
MITSUOKA, YASUYUKI	N/A
ICHIHARA, SUSUMU	N/A
ARAWA, TAKASHI	N/A
SHINOHARA, YOKO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SEIKO INSTRUMENTS INC	N/A

APPL-NO: JP2000373309

APPL-DATE: December 7, 2000

INT-CL (IPC): G01N013/14, G11B007/135, G11B007/22, G12B021/06

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method, in which a very small aperture having a uniform aperture diameter, is formed using a simple method.

SOLUTION: In the manufacturing method for the optical aperture, the optical aperture is formed at the tip of a conical chip 1. A pressure body 6, which covers the chip 1 and a stopper 2 at least partly, is deformed by a force F

having a component toward the chip 1 with reference to an aperture-to-be formed body composed of the chip 1, the stopper 2 which is arranged near the chip 1 and whose height is nearly identical to that of the chip 1 and a light-blocking film 3 which is formed at least one the chip 1. Thereby, the optical aperture is formed at the tip of the chip, or the shape of the optical aperture is measured, and the force F is controlled, on the basis of its measured value.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-174584

(P2002-174584A)

(43)公開日 平成14年6月21日 (2002.6.21)

(51)Int.Cl.
G 0 1 N 13/14
G 1 1 B 7/135
7/22
G 1 2 B 21/06

識別記号

F I
G 0 1 N 13/14
G 1 1 B 7/135
7/22
G 1 2 B 21/06

コード(参考)
B 5 D 1 1 9
A
6 0 1 C

審査請求 未請求 請求項の数8 OL (全8頁)

(21)出願番号 特願2000-373309(P2000-373309)

(22)出願日 平成12年12月7日 (2000.12.7)

(71)出願人 000002325

セイコーインスツルメンツ株式会社
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

(72)発明者 大海 学

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(72)発明者 笠間 宣行

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(74)代理人 100096378

弁理士 坂上 正明

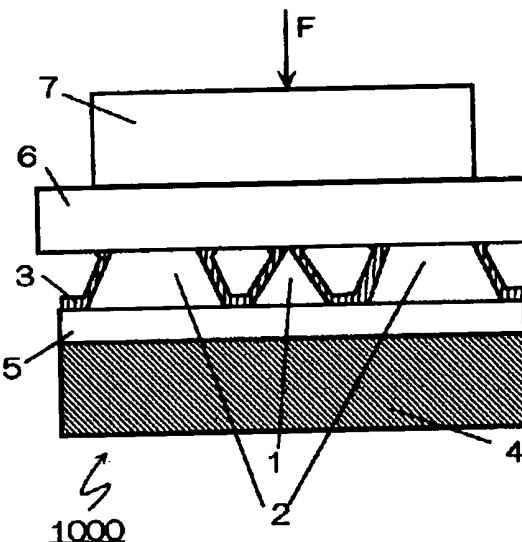
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学的な開口の作製方法

(57)【要約】

【課題】 本発明の課題は、簡便な方法で均一な開口径を有する微小開口を形成する方法を提供することである。

【解決手段】 錐状のチップ1先端に光学的な開口を形成する光学的な開口の作製方法において、チップ1と、チップ1の近傍に配置され、チップ1と略同じ高さを有する度当たり2と、少なくともチップ1上に形成された遮光膜3からなる被開口形成体に対して、少なくともチップ1および度当たり2の少なくとも一部を覆う押しこみ体6を、チップ1に向かう成分を有する力Fによって変位させることによって、チップ先端に光学的な開口を形成する、また、光学的な開口の形状を計測し、前記計測結果に基づいて力Fを制御することを特徴とする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 錐状のチップ先端に光学的な開口を形成する光学的な開口の作製方法において、

前記チップと、
前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有する度当たりと、
少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、
少なくとも前記チップおよび前記度当たりの少なくとも一部を覆う押しこみ体を、
前記チップに向かう成分を有する力によって変位させることによって、前記チップ先端に光学的な開口を形成することを特徴とする光学的な開口の作製方法。

【請求項2】 前記光学的な開口の形状を計測し、前記計測結果に基づいて前記力を制御することを特徴とする請求項1に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項3】 前記光学的な開口のサイズを計測し、前記計測結果に基づいて前記力を制御することを特徴とする請求項1に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項4】 前記計測が顕微鏡によるものであることとを特徴とする請求項2あるいは3に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項5】 前記計測が前記遮光膜の電気抵抗の計測であることを特徴とする請求項2あるいは3に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項6】 前記計測が前記開口の光透過量の計測であることを特徴とする請求項2あるいは3に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項7】 前記力の制御が、前記力の大きさの制御であることを特徴とする請求項2から6のいずれかに記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項8】 前記力の制御が、前記変位の回数の制御であることを特徴とする請求項2から6のいずれかに記載の光学的な開口の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光学的な開口の作製方法に関するものである。特に近視野光を照射・検出する近視野光デバイスに用いる開口の作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】試料表面においてナノメートルオーダの微小な領域を観察するために走査型トンネル顕微鏡(STM)や原子間力顕微鏡(AFM)に代表される走査型プローブ顕微鏡(SPM)が用いられている。SPMは、先端が先鋭化されたプローブを試料表面に走査させ、プローブと試料表面との間に生じるトンネル電流や原子間力などの相互作用を観察対象として、プローブ先端形状に依存した分解能の像を得ることができるが、比較的、観察する試料に対する制約が厳しい。

【0003】そこでいま、試料表面に生成される近視野光とプローブとの間に生じる相互作用を観察対象とすることで、試料表面の微小な領域の観察を可能にした近視野光学顕微鏡(SNOM)が注目されている。

【0004】近視野光学顕微鏡においては、先鋭化された光ファイバーの先端に設けられた開口から近視野光を試料の表面に照射する。開口は、光ファイバーに導入される光の波長の回折限界以下の大ささを有しており、たとえば、100nm程度の直径である。プローブ先端に形成された開口と試料間の距離は、SPMの技術によって制御され、その値は開口の大きさ以下である。このとき、試料上の近視野光のスポット径は、開口の大きさとほぼ同じである。したがって、試料表面に照射する近視野光を走査することで、微小領域における試料の光学物性の観測を可能としている。

【0005】顕微鏡としての利用だけでなく、光ファイバープローブを通して試料に向けて比較的強度の大きな光を導入させることにより、光ファイバープローブの開口にエネルギー密度の高い近視野光を生成し、その近視野光によって試料表面の構造または物性を局的に変更させる高密度な光メモリ記録としての応用も可能である。強度の大きな近視野光を得るために、プローブ先端の先端角を大きくすることが試みられている。

【0006】これら近視野光を利用したデバイスにおいて、開口の形成が最も重要である。開口の作製方法の一つとして、特許公報平5-21201に開示されている方法が知られている。特許公報平5-21201の開口作製方法は、開口を形成するための試料として、先鋭化した光波ガイドに遮光膜を堆積したものを用いている。開口の作製方法は、遮光膜付きの先鋭化した光波ガイドを圧電アクチュエータによって良好に制御された非常に小さな押しつけ量で硬い平板に押しつけることによって、先端の遮光膜を塑性変形させている。

【0007】また、開口の形成方法として、特開平11-265520に開示されている方法がある。特開平11-265520の開口の作製方法において、開口を形成する対象は、平板上に集束イオンビーム(FIB)によって形成された突起先端である。開口の形成方法は、突起先端の遮光膜に、側面からFIBを照射し、突起先端の遮光膜を除去することによって行っている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特許公報平5-21201の方法によれば、光波ガイド一本ずつしか開口を形成する事ができない。また、特許公報平5-21201の方法によれば、移動分解能が数nmの圧電アクチュエータによって押し込み量を制御する必要があるため、開口形成装置をその他の装置や空気などの振動による影響が少ない環境におかなくてはならない。

また、光伝搬体ロッドが平板に対して垂直に当たるよう調整する時間がかかるてしまう。また、移動量の小さ

な圧電アクチュエータの他に、移動量の大きな機械的並進台が必要となる。さらに、移動分解能が小さな圧電アクチュエータをもちいて、押し込み量を制御するさいに、制御装置が必要であり、かつ、制御して開口を形成するためには数分の時間がかかる。したがって、開口作製のために、高電圧電源やフィードバック回路などの大がかりな装置が必要となる。また、開口形成にかかるコストが高くなる問題があった。

【0009】また、特開平11-265520の方法によれば、加工対象は平板上の突起であるが、FIBを用いて開口を形成しているため、一つの開口の形成にかかる時間が10分程度と長い。また、FIBを用いるために、試料を真空中におかなければならぬ。従って、開口作製にかかる作製コストが高くなる問題があった。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、錐状のチップ先端に光学的な開口を形成する光学的な開口の作製方法において、前記チップと、前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有する度当たりと、少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、少なくとも前記チップおよび前記度当たりの少なくとも一部を覆う押しこみ体を、前記チップに向かう成分を有する力によって変位させることによって、前記チップ先端に光学的な開口を形成することを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0011】したがって、本発明の光学的な開口の作製方法によれば、前記チップと略同じ高さを有する度当たりによって、前記平面の変位が制御されるため、所定の力で平面を押すだけで簡単に光学的な開口を作製する事ができる。また、真空中、液中、大気中など様々な環境下で開口を作製することができる。また、光学的な開口を作製する際に特別な制御装置を必要としないため、光学的な開口を作製するための装置を単純化する事ができる。また、所定の力を与える時間を非常に短くする事が容易であり、開口作製にかかる時間を短くする事ができるため、開口作製にかかるコストを低くする事ができる。

【0012】また、前記光学的な開口の形状を計測し、前記計測結果に基づいて前記力を制御することを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0013】したがって、遮光膜の厚さ分布や基板の反り、力を与える機構の動作ばらつきなどの要因に影響されることなく、安定的に同一形状の開口を作製する事ができる。

【0014】また、前記光学的な開口のサイズを計測し、前記計測結果に基づいて前記力を制御することを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0015】したがって、遮光膜の厚さ分布や基板の反り、力を与える機構の動作ばらつきなどの要因に影響さ

れることなく、安定的に同一サイズの開口を作製することができる。

【0016】また、前記計測が顕微鏡によるものであることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0017】したがって、簡単な装置構成で安定的に同一形状あるいはサイズの開口を作製することができる。

【0018】また、前記計測が前記遮光膜の電気抵抗の計測であることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

10 【0019】したがって、自動的に前記計測が高速で行え、安価で大量生産に適した開口作製が可能となる。

【0020】また、前記計測が前記開口の光透過量の計測であることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0021】したがって、高精度で高速な開口計測が行え、安価で大量生産に適した開口作製が可能となる。

【0022】また、前記力の制御が、前記力の大きさの制御であることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

20 【0023】したがって、簡単な構成の装置で安定的に多数の開口を作製することが可能となる。

【0024】また、前記力の制御が、前記変位の回数の制御であることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0025】したがって、短時間に多数の開口を安価に作製することが可能となる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の開口の形成方法について、添付の図面を参照して詳細に説明する。

(実施の形態1) 図1から図3は、本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。図1に示す、ワーク1000は、基板4上に形成された透明層5、透明層5の上に形成された錐状のチップ1および尾根状の度当たり2、チップ1、度当たり2および透明層5の上に形成された遮光膜3からなる。なお、ワーク1000において、透明層5は、必ずしも必要ではなく、その場合、遮光膜3は、チップ1、度当たり2および基板4上に形成される。また、遮光膜3は、チップ1にだけ堆積されていてもよい。

30 40 【0027】チップ1の高さH1は、数mm以下であり、度当たり2の高さH2は、数mm以下である。高さH1と高さH2の差は、1000nm以下である。チップ1と度当たり2の間隔は、数mm以下である。また、遮光膜3の厚さは、遮光膜3の材質によって異なるが、数10nmから数100nmである。

【0028】チップ1、度当たり2および透明層5は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジンクセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において

透過率の高い材料を用いる。また、チップ1の材料は、開口を通過する光の波長帯において少しだけチップ1を透過する材料であれば用いることができる。また、チップ1、度当たり2および透明層5は、同一の材料で構成されても良いし、別々の材料で構成されても良い。遮光膜3は、たとえば、アルミニウム、クロム、金、白金、銀、銅、チタン、タンクステン、ニッケル、コバルトなどの金属や、それらの合金を用いる。

【0029】図2は、開口を形成する方法において、チップ1上の遮光膜3を塑性変形させている状態を示した図である。図1で示したワーク1000の上に、チップ1および少なくとも度当たり2の一部を覆い、かつ、少なくともチップ1および度当たり2側が平面である板6を載せ、さらに板6の上には、押し込み用具7を載せる。このとき、板6は透明なガラスを用いた。板6を載せた後でも顕微鏡あるいは目視によってチップ1の位置を確認することができる。本実施の形態においては顕微鏡によって2方向からチップ1と押し込み用具7の位置を確認し、押し込み用具7がチップ1の真上に配置されるようにした。押し込み用具7にチップ1の中心軸方向に力Fを加えることによって、板6がチップ1に向かって移動する。チップ1と板6との接触面積に比べて、度当たり2と板6との接触面積は、数百～数万倍も大きい。したがって、与えられた力Fは、度当たり2によって分散され、結果として板6の変位量は小さくなる。板6の変位量が小さいため、遮光膜3が受ける塑性変形量は非常に小さい。また、チップ1および度当たり2は、非常に小さな弾性変形を受けるのみである。力Fの加え方は、所定の重さのおもりを所定の距離だけ持ち上げて、自由落下させる方法や、所定のバネ定数のバネを押し込み用具7に取り付け、所定の距離だけバネを押し込む方法などがある。板6が、遮光膜よりも硬く、チップ1および度当たり2よりも柔らかい材料である場合、チップ1および度当たり2が受ける力は、板6によって吸収されるため、板6の変位量がより小さくなり、遮光膜3の塑性変形量を小さくすることが容易となる。

【0030】図3は、力Fを加えた後に、板6および押し込み用具7を取り除いた状態を示した図である。遮光膜3の塑性変形量が非常に小さく、チップ1および度当たり2が弾性変形領域でのみ変位しているため、チップ1の先端に開口8が形成される。開口8の大きさは、数nmからチップ1を通過する光の波長の回折限界程度の大きさである。なお、上記では、押し込み用具7とワーク1000の間に板6が挿入されていたが、板6を除去して直接押し込み用具7で押し込むことによっても同様に開口8を形成できる。開口8に光を導入するために、基板4をチップ1の形成面と反対側からエッチングすることによって透明体5またはチップ1の少なくとも一部を露出させて、開口8への光の導入口を形成する。また、基板4を透明材料103で構成することによって、光の

導入口を形成する工程を省くことができる。

【0031】以上説明したように、本発明の開口作製方法によれば、度当たり2によって板6の変位量を良好に制御することができ、かつ、板6の変位量を非常に小さくできるため、大きさが均一で小さな開口8をチップ1先端に容易に作製することができる。また、基板側から光を照射して、開口8から近視野光を発生させることができる。

【0032】次に、ワーク1000の製造方法を図4から図6を用いて説明する。図4は、基板材料104上に透明材料103を形成したのち、チップ用マスク101および度当たり用マスク102を形成した状態を示している。図4(a)は上面図を示しており、図4(b)は、図4(a)のA-A'で示す位置における断面図を示している。透明材料103は、気相化学堆積法(CVD)やスピンドルによって基板材料104上に形成する。また、透明材料103は、固相接合や接着などの方法によっても基板材料104上に形成することができる。次に、透明材料103上にフォトリソグラフィ工程によって、チップ用マスク101及び度当たり用マスク102を形成する。チップ用マスク101と度当たり用マスク102は、同時に形成しても良いし、別々に形成しても良い。

【0033】チップ用マスク101および度当たり用マスク102は、透明材料103の材質と次工程で用いるエッチャントによるが、フォトレジストや塗化膜などを用いる。透明材料103は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジンクセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。

【0034】チップ用マスク101の直径は、たとえば数μm以下である。度当たり用マスク102の幅W1は、たとえば、チップ用マスク101の直径と同じかそれよりも数10nm～数μmだけ小さい。また、度当たり用マスク102の幅W1は、チップ用マスク101の直径よりも数10nm～数μmだけ大きてもよい。また、度当たり用マスク102の長さは、数10μm以上である。

【0035】図5は、チップ1および度当たり2を形成した状態を示している。図5(a)は上面図であり、図5(b)は、図5(a)のA-A'で示す位置の断面図である。チップ用マスク101および度当たり用マスク102を形成した後、ウエットエッチングによる等方性エッチングによってチップ1および度当たり2を形成する。透明材料103の厚さとチップ1および度当たり2の高さの関係を調整することによって、図1に示す透明層5が形成されたり、形成されなかったりする。チップ1の先端半径は、数nmから数100nmである。この後、遮光膜をスパッタや真空蒸着などの方法で堆積する

事によって、図1に示すワーク1000を形成する事ができる。また、遮光膜3をチップ1にだけ堆積する場合、遮光膜3の堆積工程において、チップ1上に遮光膜が堆積するような形状を有するメタルマスクを乗せてスパッタや真空蒸着などを行う。また、ワーク1000のチップが形成された面の全面に遮光膜3を堆積した後、チップ1にだけ遮光膜3が残るようなフォトリソグラフィ工程を用いても、チップ1上にだけ遮光膜3を形成する事ができる。

【0036】図6および図7は、上記で説明したワーク1000の作製方法におけるチップ1と度当たり2の高さの関係を説明する図である。なお、以下では、チップ用マスク101の直径が、度当たり用マスク102の幅よりも小さい場合について説明する。図6は、図5

(a)で説明した工程において、チップ1と度当たり2だけを示した図であり、図7は、図6中B-B'で示す位置のチップ1と、図6中C-C'で示す位置の度当たり2の断面図である。

【0037】図7(a)は、チップ1がちょうど形成された状態を示した図である。度当たり用マスク102の幅は、チップ用マスク101の直径よりも大きいため、図7(a)の状態では、度当たり2の上面には、平らな部分が残り、この平らな部分上に度当たり用マスク102が残っている。しかしながら、チップ用マスク101は、チップ1との接触面積が非常に小さくなるため、はぎれてしまう。図7(a)の状態では、チップ1の高さH11と度当たり2の高さH22は、同じである。

【0038】図7(b)は、図7(a)の状態からさらにエッチングを進め、度当たり2上面の平らな部分がちょうどなくなつた状態を示している。図7(a)の状態からさらにエッチングを行うと、チップ用マスク101が無いチップ1の高さH111は、徐々に低くなっていく。一方、度当たり用マスクが残っている度当たり2の高さH222は、H22と同じままである。度当たり2の上面の平らな部分の幅は、徐々に狭くなり、断面形状は図7(b)に示すように、三角形になる。このときのチップ1と度当たり2の高さの差△Hは、チップ用マスク101の直径と度当たり用マスク102の幅の差、および、チップ1と度当たり2の先端角によって異なるが、およそ1000nm以下程度である。

【0039】図7(c)は、図7(b)の状態からさらにエッチングを進めた状態を示している。チップ1の高さH1111は、高さH111よりも低くなる。同様に、度当たりH2222の高さも、高さH222よりも小さくなる。しかし、高さH1111と高さH2222の減少量は、同じであるため、チップ1と度当たり2の高さの差△Hは、変化しない。なお、度当たり用マスク102の幅が、チップ用マスク101よりも小さい場合は、チップ1と度当たり2の高さの関係が逆になるだけである。また、チップ用マスク101と度当たり用マス

ク102が等しい場合は、チップ1と度当たり2の高さが等しくなる。

【0040】本発明のワーク1000の作製方法によれば、フォトリソグラフィ工程によってチップ1と度当たり2の高さの差△Hを良好に制御することができる。したがって、図1から図3で説明した開口作製方法において、板6の変位量を良好に制御することができる。

【0041】以上説明したように、本発明の実施の形態1によれば、チップ1と度当たり2の高さを良好に制御することができ、かつ、度当たり2を設けることによって板6の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口8をチップ1先端に形成する事が容易である。我々の実験では、手に持ったハンマーなどで、押し込み用具7を叩くだけで直径100nm以下の開口8を形成する事ができた。また、チップ1と度当たり2の高さが良好に制御されるため、開口8の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態1で説明したワーク1000は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能

なため、ウエハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製する事が可能であり、力Fを一定にすることによって複数個作製されたワーク1000それぞれに対しても均一な開口径の開口8を形成する事ができる。また、力Fの大きさを変えることが非常に簡単なため、複数個作製されたワーク1000に対して個別に開口径の異なる開口8を形成する事が可能である。また、単純に力Fを加えるだけで開口8が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数10秒と非常に短い。また、本発明の実施の形態1によれば、加工雰囲気を問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

【0042】また、ワーク1000が複数個作製された試料に対して、一括で力Fを加えることによって、開口径のそろった開口8を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワーク1000の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、数百ミリ秒以下と非常に短くなる。

(実施の形態2) 図8に本発明の実施の形態2に係る方法で光学的開口を作製する装置500を示す。錐状のチップ(図示略)が形成されている基板508はx yステージ509の上に固定されている。x yステージ509はコンピュータ501によって制御され、基板508の水平方向(x y)の位置を制御する。押し開け用具507はアーム505によってギア506に接続され、アーム505はギア506によって図中破線で示したように弧を描いて移動することができる。レーザ512から放

射された計測用光511はレンズ510によって集光されて、チップ(図示略)に照射される。チップ先端の開口からの透過光504はレンズ503で集光されて光検出部502で検出される。コンピュータ501は光検出部502によって検出された透過光量データを受け取り、開口サイズを判定する。このサイズが所望のサイズよりも小さくなっている場合には、ギア506によってアーム505をより上方に移動させてから押し開け用具507を落下させてチップに力をかける。反対に開口サイズが所望のサイズよりも大きい場合には、アーム505はより下方までしか移動させないように制御する。

【0043】このように、形成した開口のサイズをその都度計測することで評価し、その結果をフィードバックしてチップにかかる力を制御することで、常に安定的に所望のサイズの光学的開口を作製することができる。本実施の形態においては開口サイズの計測方法として光透過量を測定したが、この他にもたとえば図9に示すように遮光膜の電気抵抗を測定することによっても計測することができる。図9では導電性板601をチップの上に接触させて、AとBの間の電気抵抗を測定する。図9(a)は開口サイズが小さい場合、図9(b)は開口サイズが大きい場合である。図9(a)では導電性板601と遮光膜3の接触面積が小さいため、AとBの間の電気抵抗は大きくなる。図9(b)ではその反対に電気抵抗は小さくなる。これにより、開口サイズが所望のサイズにくらべて大きいか小さいかの判定ができる、その情報をフィードバックしてアーム505の移動距離を制御することで、所望のサイズの開口を安定的に作製することができる。また、顕微鏡による観察によって開口サイズを評価することでフィードバック制御することも可能である。

【0044】力Fの制御形態として、力Fを複数回に分けてかける方法もある。たとえば、押し込み用具7を2回押しこむことでひとつの開口を作製する方法を採用した場合、1回目は決まった大きさの力で押しこみ、開口サイズを計測して2回目の力の必要な大きさを算出する。これにより常に一定したサイズの開口を作製することができる。また、一定の力Fを複数回に分けてかけ、毎回サイズを計測して所望サイズになった時点で終了するという方法もある。このようにフィードバック制御する場合の実施の形態は詳細には多種類有り得る。

【0045】

【発明の効果】チップ1と度当たり2の高さ、および、力Fを制御する事によって、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、簡単に開口8を形成する事ができる。また、チップ1と度当たり2の高さが良好に制御されるため、開口8の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態1で説明したワーク1000は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能なため、ウエハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製することが

可能であり、力Fを一定にすることによって複数個作製されたワーク1000それぞれに対して均一な開口径の開口8を形成する事ができる。また、力Fの大きさを変えることが非常に簡単なため、複数個作製されたワーク1000に対して個別に開口径の異なる開口8を形成する事が可能である。また、単純に力Fを加えるだけで開口が形成されるため、開口作製にかかる時間は数10秒以下と非常に短い。また、本発明の実施の形態1によれば、加工雰囲気を問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

【0046】また、ワーク1000が複数個作製された試料に対して、一括で力Fを加えることによって、開口径のそろった開口8を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワーク1000の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、数百ミリ秒以下と非常に短くなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図3】本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図4】ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図5】ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図6】ワーク1000の作製方法におけるチップ1と度当たり2の高さの関係を説明する図である。

【図7】ワーク1000の作製方法におけるチップ1と度当たり2の高さの関係を説明する図である。

【図8】本発明の実施の形態2に係る方法で光学的開口を作製する装置を示す。

【図9】本発明の実施の形態2に係る方法で開口サイズを計測する方法を説明する図である。

【符号の説明】

1 チップ

2 度当たり

3 遮光膜

4 基板

5 透明層

6 板

7 押し込み用具

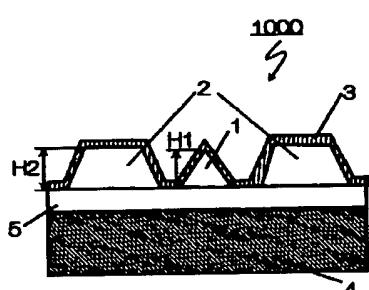
8 開口

11

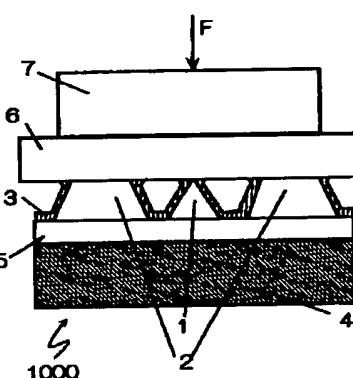
102 度当たり用マスク
 103 透明材料
 104 基板材料
 500 光学的開口を作製する装置
 501 コンピュータ
 502 光検出部
 503 レンズ
 504 透過光
 505 アーム
 506 ギア
 507 押し開け用具

508 基板
 509 xyステージ
 510 レンズ
 511 計測用光
 512 レーザ
 601 導電性板
 1000 ワーク
 F 力
 H1 チップの高さ
 10 H2 度当たりの高さ

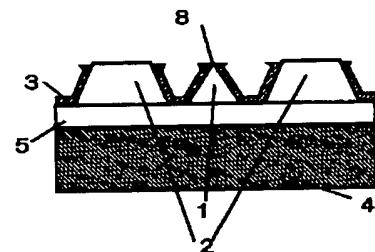
【図1】



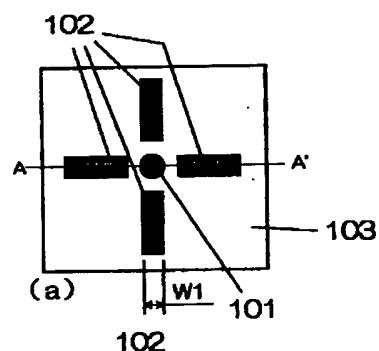
【図2】



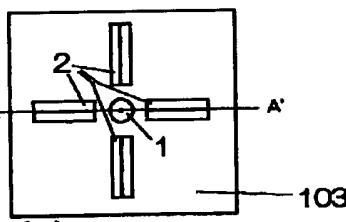
【図3】



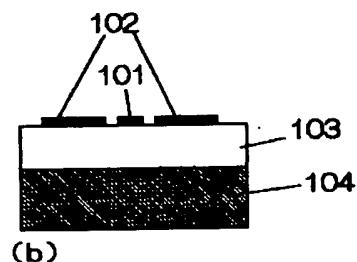
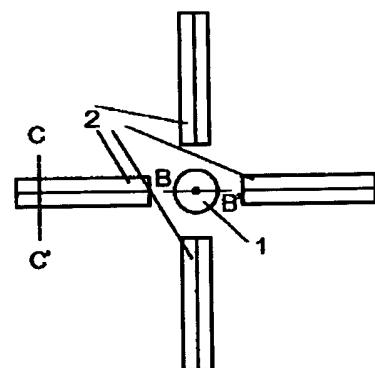
【図4】



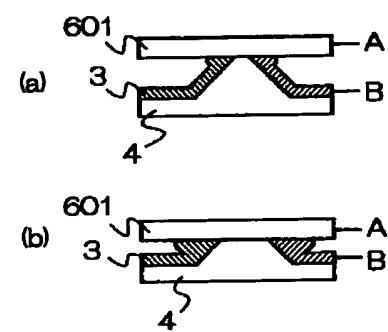
【図5】



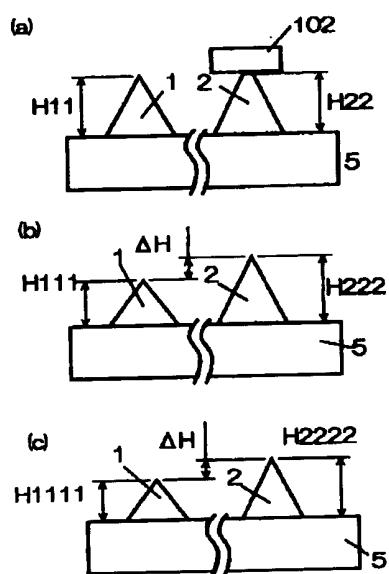
【図6】



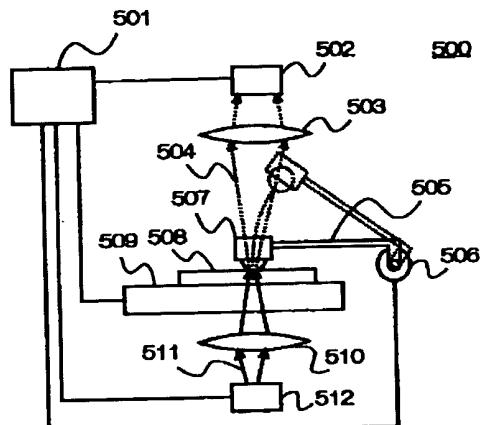
【図8】



【図7】



【図8】



フロントページの競き

(72)発明者 加藤 健二

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(72)発明者 前田 英孝

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(72)発明者 光岡 靖幸

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(72)発明者 市原 進

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(72)発明者 新輪 隆

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

(72)発明者 篠原 陽子

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株
式会社エスアイアイ・アールディセンター
内

Fターム(参考) 5D119 AA11 AA22 BA01 JA34 NA05